

100200
PCT/JP 00/00754

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 25 FEB 2000

WIPO PCT

JP00/754

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年 2月10日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第033385号

出 願 人
Applicant(s):

ソニー株式会社

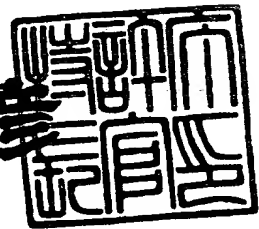
PRIORITY
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1999年12月10日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-30857

特平 11-033385

【書類名】 特許願
【整理番号】 9801054503
【提出日】 平成11年 2月10日
【あて先】 特許庁長官 伊佐山 建志 殿
【国際特許分類】 G05B 11/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号ソニー株式会社内
 【氏名】 石田 健蔵
【特許出願人】
 【識別番号】 000002185
 【氏名又は名称】 ソニー株式会社
 【代表者】 出井 伸之
【代理人】
 【識別番号】 100082740
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 田辺 恵基
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 048253
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9709125
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 関節駆動装置及びこれを利用したロボット装置並びに関節駆動方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 及び第 2 のリンク間に設けられ、上記第 1 又は第 2 のリンクを上記第 2 又は第 1 のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持する関節機構部と、

上記関節機構部に取り付けられ、供給される駆動電流に応じた回転力を発生すると共に、当該回転力を出力軸を介して上記回転軸に伝達する駆動手段と、

上記駆動手段の内部に設けられ、当該駆動手段に供給される上記駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段と、

上記電気値検出手段により検出された上記駆動電流の電流値に基づいて、上記駆動手段の上記出力軸にかかるトルクを検出するトルク検出手段と、

上記トルク検出手段により検出された上記トルクに基づいて、上記第 1 又は第 2 のリンクに与えられる外力を検出する外力検出手段と

を具備することを特徴とする関節駆動装置。

【請求項 2】

上記第 1 又は第 2 のリンクに与えられた外力がなくなるように、上記駆動手段の上記出力軸の回転駆動量を制御する制御手段

を具備することを特徴とする請求項 1 に記載の関節駆動装置。

【請求項 3】

ロボット本体に係合された少なくとも 1 以上の構成ユニットを有する関節駆動装置を利用したロボット装置において、

各上記構成ユニットは、

第 1 及び第 2 のリンク間に設けられ、上記第 1 又は第 2 のリンクを上記第 2 又は第 1 のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持する関節機構部と、

上記関節機構部に取り付けられ、供給される駆動電流に応じた回転力を発生すると共に、当該回転力を出力軸を介して上記回転軸に伝達する駆動手段と、

上記駆動手段の内部に設けられ、当該駆動手段に供給される上記駆動電流の電

流値を検出する電流値検出手段と、

上記電気値検出手段により検出された上記駆動電流の電流値に基づいて、上記駆動手段の上記出力軸にかかるトルクを検出するトルク検出手段と、

上記トルク検出手段により検出された上記トルクに基づいて、上記構成ユニットが外部接触したときに上記第1又は第2のリンクに与えられる外力を検出する外力検出手段と

を具えることを特徴とする関節駆動装置を利用したロボット装置。

【請求項4】

各上記構成ユニットが外部接触したとき、上記第1又は第2のリンクに与えられた外力がなくなるように上記駆動手段の上記出力軸の回転駆動量を制御する制御手段

を具えることを特徴とする請求項3に記載の関節駆動装置を利用したロボット装置。

【請求項5】

上記制御手段は、

各上記構成ユニットが外部接触したとき、上記制御した上記駆動手段の上記出力軸の回転駆動量に基づいて、上記ロボット本体の重心を安定した状態に保つように制御する

ことを特徴とする請求項4に記載の関節駆動装置を利用したロボット装置。

【請求項6】

第1又は第2のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持された上記第2又は第1のリンクの回転力を、供給される駆動電流に応じて発生する第1のステップと、

上記供給される上記駆動電流の電流値を検出する第2のステップと、

上記検出された上記駆動電流の電流値に基づいて、上記回転軸にかかるトルクを検出する第3のステップと、

上記検出された上記トルクに基づいて、上記第1又は第2のリンクに与えられる外力を検出する第4のステップと

を具えることを特徴とする関節駆動方法。

【請求項 7】

上記第 1 又は第 2 のリンクに与えられた外力がなくなるように、上記回転軸の回転駆動量を制御する第 5 のステップ
を具えることを特徴とする請求項 6 に記載の関節駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は関節駆動装置及びこれを利用したロボット装置並びに関節駆動方法に関し、例えば関節型の一对の脚部ユニットを有する 2 足歩行型ロボットに適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、この種の 2 足歩行型ロボットとしては、ロボット本体内に組み込まれた電動モータの出力軸に一对の脚部ユニットが間接的に係合された構成のものが考えられており、当該電動モータの回転駆動力を各脚部ユニットの推力として伝えることによって 2 足歩行型ロボットを歩行動作させるようになされている。

【0003】

かかる 2 足歩行型ロボットにおいて、一端がそれぞれロボット本体に係合された各脚部ユニットの他端には、それぞれ平坦な足裏面をもつ関節型の足部ユニットに係合されており、歩行動作時には、一方の脚部ユニットを軸足としてその足裏面にロボット本体の全荷重をかけた状態で、他方の脚部ユニットを持ち上げて足部ユニットを前方へ送り出しながらロボット本体の荷重を前方に移動させ、当該足部ユニットの足裏面が接地したときにその脚部ユニットを軸足にするといった歩行動作を交互の脚部ユニットで繰り返すことにより前進するようになされている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、かかる 2 足歩行型ロボットの歩行路面が平坦でなく傾斜や凹凸が生じた不整地面である場合、2 足歩行型ロボットは、歩行動作時には、踏み出した

一方の脚部ユニットの足裏面が不整地面に接地したとき、当該足裏面の傾斜角度が不整地面と合うようにその足部ユニットの関節機構を可動させることにより、当該脚部ユニットを軸足としたときにロボット本体の重心を安定した状態に保ち得るようになされている。

【0005】

その際、2足歩行型ロボットは、通常、足裏面に設けられた圧力センサ、傾斜角センサ、加速度センサ及びマイクロスイッチ等の種々のセンサを用いて、不整地面に対する足裏面の傾斜角度を検出するようになされている。

【0006】

ところが、実際にこのようなセンサを足部ユニットに取り付けた場合、当該センサの重量分だけロボット全体の重量が増大すると共に、当該センサをロボット内部に設けられた制御系と導通接続するための配線も必要となることによって機構が煩雑となる問題があった。またセンサを取り付けた場合には、ロボット内部に設けられた制御系においてセンサ情報をソフトウェア的に処理しなければならない分だけ制御が煩雑となる問題があった。

【0007】

本発明は以上の点を考慮してなされたもので、構成を簡易にし得る関節駆動装置及びこれを利用したロボット装置並びに制御を容易にし得る関節駆動方法を提案しようとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

かかる課題を解決するため本発明においては、第1及び第2のリンク間に設けられ、第1又は第2のリンクを第2又は第1のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持する関節機構部と、当該関節機構部に取り付けられ、供給される駆動電流に応じた回転力を発生すると共に、当該回転力を出力軸を介して回転軸に伝達する駆動手段と、当該駆動手段の内部に設けられ、当該駆動手段に供給される駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段と、当該電流値検出手段により検出された駆動電流の電流値に基づいて、駆動手段の出力軸にかかるトルクを検出するトルク検出手段と、当該トルク検出手段により検出されたトルクに基づ

いて、第 1 又は第 2 のリンクに与えられる外力を検出する外力検出手段とを設けるようにした。

【0009】

このように、この関節駆動装置では、供給される駆動電流の電流値を検出するための電流値検出手段が内蔵された駆動手段を第 1 及び第 2 のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に取り付けたことにより、当該駆動電流の電流値に応じて得られた当該駆動手段の出力軸にかかるトルクに基づいて、第 1 又は第 2 のリンクに与えられる外力を求めることができる。

【0010】

また本発明においては、ロボット本体に係合された少なくとも 1 以上の構成ユニットを有する関節駆動装置を利用したロボット装置において、各構成ユニットは、第 1 及び第 2 のリンク間に設けられ、第 1 又は第 2 のリンクを第 2 又は第 1 のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持する関節機構部と、当該関節機構部に取り付けられ、供給される駆動電流に応じた回転力を発生すると共に、当該回転力を出力軸を介して回転軸に伝達する駆動手段と、当該駆動手段の内部に設けられ、当該駆動手段に供給される駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段と、当該電流値検出手段により検出された駆動電流の電流値に基づいて、駆動手段の出力軸にかかるトルクを検出するトルク検出手段と、当該トルク検出手段により検出されたトルクに基づいて、構成ユニットが外部接触したときに第 1 又は第 2 のリンクに与えられる外力を検出する外力検出手段とを設けるようにした。

【0011】

このように、このロボット装置では、供給される駆動電流の電流値を検出するための電流値検出手段が内蔵された駆動手段を第 1 及び第 2 のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に取り付けたことにより、当該駆動電流の電流値に応じて得られた当該駆動手段の出力軸にかかるトルクに基づいて、構成ユニットが外部接触したときに第 1 又は第 2 のリンクに与えられる外力を求めることができる。

【 0 0 1 2 】

さらに本発明においては、第 1 又は第 2 のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持された第 2 又は第 1 のリンクの回転力を、供給される駆動電流に応じて発生した後、供給される駆動電流の電流値を検出する。続いて検出された駆動電流の電流値に基づいて、回転軸にかかるトルクを検出した後、当該検出されたトルクに基づいて、第 1 又は第 2 のリンクに与えられる外力を検出するようにした。

【 0 0 1 3 】

このように、この関節駆動方法では、第 1 及び第 2 のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に回転力を与えるための駆動電流の電流値を検出するようにしたことにより、当該電流値に基づいて得られた回転力に加わるトルクに応じて、第 1 又は第 2 のリンクに与える外力を求めることができる。

【 0 0 1 4 】

【発明の実施の形態】

以下図面について、本発明の一実施の形態を詳述する。

【 0 0 1 5 】

(1) 2 足歩行型ロボットの全体構成

図 1 は全体として本実施の形態による 2 足歩行型ロボット 1 を示し、胴体部ユニット 2 の上端に所定の関節機構（図示せず）を介して頭部ユニット 3 が配設され、胴体部ユニット 2 の上下左右の各隅部にそれぞれ腕部ユニット 4 及び脚部ユニット 5 が所定の関節機構（図示せず）を介して取り付けられている。

【 0 0 1 6 】

胴体部ユニット 2 は、上胴体部ユニット 2 A 及び下胴体部ユニット 2 B からなり、関節機構（図示せず）を介して所定方向の可動自在に接続されている。また腕部ユニット 4 は、上腕部ユニット 4 A、下腕部ユニット 4 B 及び手部ユニット 4 C からなり、上胴体部ユニット 2 A から順次関節機構（図示せず）を介して所定方向に可動自在に接続されている。さらに脚部ユニット 5 は、大腿部ユニット 5 A、脛部ユニット 5 B 及び足部ユニット 5 C からなり、下胴体部ユニット 2 B から順次関節機構（図示せず）を介して所定方向に可動自在に接続されている。

【0017】

この場合、頭部ユニット 3 及び上胴体ユニット 2 A 間を連結する関節機構（図示せず）にはアクチュエータ A_1 、 A_2 が配設されており、かくして対応するアクチュエータ A_1 、 A_2 を駆動することによって、頭部ユニット 3 を上胴体部ユニット 2 A に対して互いに直交する 2 軸を中心とした各回転方向（前後方向及び左右横方向）に回転させ得るようになされている。

【0018】

また図 2 に示すように、上胴体部ユニット 2 A 及び下胴体部ユニット 2 B 間を連結する関節機構（図示せず）にはアクチュエータ A_3 、 A_4 が配設されており、かくして対応するアクチュエータ A_3 、 A_4 を駆動することによって、上胴体部ユニット 2 A を下胴体部ユニット 2 B に対して互いに直交する 2 軸を中心とした各回転方向（前後方向及び左右横方向）に回転させ得るようになされている。

【0019】

さらに上胴体部ユニット 2 A、上腕部ユニット 4 A、下腕部ユニット 4 B 及び手部ユニット 4 C 間をそれぞれ連結する各関節機構（図示せず）にはそれぞれアクチュエータ $A_5 \sim A_8$ が配設されており、かくして対応するアクチュエータ $A_5 \sim A_8$ を駆動することによって、上腕部ユニット 4 A を上胴体部ユニット 2 A に対して互いに直交する 2 軸を中心とした各回転方向に回転させ得ると共に、下腕部ユニット 4 B を上腕部ユニット 4 A に対して 1 軸を中心とした回転方向に回転させ得、さらに手部ユニット 4 C を下腕部ユニット 4 B に対して 1 軸を中心とした回転方向に回転させ得るようになされている。

【0020】

さらに下胴体部ユニット 2 B、大腿部ユニット 5 A、脛部ユニット 5 B 及び足部ユニット 5 C 間をそれぞれ連結する各関節機構（図示せず）にはそれぞれアクチュエータ $A_9 \sim A_{14}$ が配設されており、かくして対応するアクチュエータ $A_9 \sim A_{14}$ を駆動することによって、大腿部ユニット 5 A を下胴体部ユニット 2 B に対して互いに直交する 3 軸を中心とした各回転方向に回転させ得ると共に、脛部ユニット 5 B を大腿部ユニット 5 A に対して 1 軸を中心とした回転方向に回転させ得、さらに足部ユニット 5 C を脛部ユニット 5 B に対して互いに直交する 2 軸

を中心とした各回転方向に回転させ得るようになされている。

【0021】

さらに胴体部ユニット2の背面にはメイン制御部6Aや電源部及び受信部等の周辺回路6Bが内蔵された制御部ユニット6が配設されている。電源部は、メイン制御部6Aの制御に応じて、各構成ユニット（頭部、胴体部、各腕部及び各脚部）2～5内に設けられたサブ制御部2S～5S及び当該各構成ユニット2～5を連結する各関節機構（図示せず）内に設けられたアクチュエータモジュールに対して所定の駆動電圧を供給する。

【0022】

ここでオペレータは遠隔操作装置（図示せず）を用いて外部から遠隔操作することにより、2足歩行型ロボット1に対して所望の動作及び姿勢を行わせ得るようになされている。このとき遠隔操作装置から発進される遠隔指令信号が、受信部を介してメイン制御部6Aに入力されると、当該メイン制御部6Aは、遠隔指令信号に基づいて、各構成ユニット（頭部、胴体部、各腕部及び各脚部）2～5内に設けられたサブ制御部2S～5Sを制御することにより、当該各構成ユニット2～5を連結する各関節機構（図示せず）内のアクチュエータモジュールを必要に応じて駆動させる。

【0023】

これにより2足歩行型ロボット1においては、オペレータの遠隔指令に応じて各構成ユニット（頭部、胴体部、各腕部及び各脚部）2～5を自在に駆動し得ることから、オペレータが所望する動作（歩行動作）や姿勢（座り姿勢、作業姿勢及び立ち姿勢等）を自由に行うことができる。

【0024】

（2）足部ユニットの構成

ここで図3において、2足歩行型ロボット1における左右の各脚部ユニット5のうち足部ユニット5Cの構成を示す。この足部ユニット5Cは、脛部ユニット5Bに対してx y z座標系における互いに直交する3軸（x軸、y軸及びz軸）を中心として各回転方向に回転し得るようになされている。

【0025】

この脛部ユニット 5 B の先端には中空部 5 B H が形成され、当該中空部 5 B H 内に矢印 y 方向に沿って固定軸 9 が軸支されると共に、当該固定軸 9 と同軸中心となる出力軸 1 0 A をもつアクチュエータ（以下、これをピッチ軸用アクチュエータと呼ぶ）1 0 (A_{13}) が内蔵されている。

【0026】

また脛部ユニット 5 B における中空部 5 B H の外壁からは、一对の平板突起部 5 B A、5 B B が互いに平行関係を保って外方（矢印 z 方向と逆方向）に延長するように形成され、当該一对の平板突起部 5 B A、5 B B 間には、足部ユニット 5 C が矢印 y 方向の軸を中心として矢印 a で示す方向に回転自在に取り付けられている。

【0027】

ここで足部ユニット 5 C は、上述した一对の平行突起部 5 B A、5 B B にそれぞれ軸支された固定軸 1 1 を中心として矢印 b 方向に当該各固定軸 1 1 を中心として固着された断面略コ字状の部材（以下、これを足首部材と呼ぶ）5 C A を有し、当該足首部材 5 C A の内部空間にはアクチュエータ（以下、これをロール軸用アクチュエータと呼ぶ）1 2 (A_{14}) がその出力軸 1 2 A が矢印 x 方向と平行となるように接合部材 1 3 を介して固定されている。

【0028】

この脛部ユニット 5 B の先端に形成された中空部 5 B H に軸支された固定軸 9 （出力軸 1 0 A）には、ベルト車 1 4 が主動車として係合されると共に、一对の平行突起部 5 B A、5 B B の一方に軸支された固定軸 1 1 には、ベルト車 1 5 が従動車として係合され、当該ベルト車 1 4、1 5 にはベルト 1 6 が張架されている。かくしてピッチ軸用アクチュエータ 1 0 の駆動に応じてベルト車 1 4、ベルト 1 6 及びベルト車 1 5 を順次介して固定軸 1 1 を足首部材 5 C A と一体となって回転させ得るようになされている。

【0029】

さらに足部ユニット 5 は、矢印 x 方向に張り出したつま先部 5 C B T と平坦な足裏面 5 C B R とからなる部材（以下、これを接地部材と呼ぶ）5 C B を有し、

当該接地部材 5 C B から矢印 z 方向に沿って一対の平行突起部 5 C B A、5 C B B が足首部材 5 C A を両側から挟み込むように突出して形成されている。

【0 0 3 0】

この一対の平行突起部 5 C B A、5 C B B には、足首部材 5 C A に固定されたロール軸用アクチュエータ 1 2 の出力軸 1 2 A が、脛部ユニット 5 B の先端に形成された一対の平行突起部 5 B A、5 B B と直交するように（すなわち矢印 x 方向に沿って）固着されている。かくしてロール軸用アクチュエータ 1 2 の駆動に応じて固定軸 1 1（出力軸 1 2 A）を接地部材 5 C B と一体となって回転させ得るようになされている。

【0 0 3 1】

このようにして足部ユニット 5 C では、ピッチ軸用アクチュエータ 1 0 の駆動に応じて、脛部ユニット 5 B に対して固定軸 9 を回転中心とした矢印 a 方向に接地部材 5 C B 及び足首部材 5 C A を一体となって回転させ得ると共に、ロール軸用アクチュエータ 1 2 の駆動に応じて、接地部材 5 C B のみを足首部材 5 C A に対して固定軸 1 1（出力軸 1 2 A）を回転中心とした矢印 b 方向に回転させ得るようになされている。

【0 0 3 2】

この結果、足部ユニット 5 C における接地部材 5 C B の足裏面 5 C B R が、平坦面以外の傾斜や凹凸が形成された不整地面に接地した場合であっても、当該足部ユニット 5 C を脛部ユニット 5 B に対して 3 次元方向に自在に可動し得ることから、足裏面 5 C B R の傾斜角度を不整地面に合わせて設定することができる。

【0 0 3 3】

なお足部ユニット 5 C の足裏面 5 C B R には、従来の傾斜角度測定用のセンサよりも格段と軽量の感圧センサ（図示せず）が設けられており、当該足裏面 5 C B R が接地したときに、接地確認信号をサブ制御部 5 S を介して制御部ユニット 6 内のメイン制御部 6 A に送出するようになされている。メイン制御部 6 A は当該接地確認信号に基づいて、足裏面 5 C B R が接地したことを判断して、足部ユニット 5 C 内のピッチ軸用アクチュエータ 1 0 及びロール軸用アクチュエータ 1 2 にそれぞれ駆動電流を供給するようになされている。

【0034】

実際に、2足歩行型ロボット1では、各脚部ユニット5について歩行動作の一連のフォームを予めプログラムしておき、歩行動作時に、当該フォームを時系列的に構成する複数の姿勢と順次一致するように、それぞれ足部ユニット5Cに設けられたピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度を所定の単位角度ごとに補正するようになされている。

【0035】

この場合、歩行動作時の各脚部ユニット5のフォームを時系列的に構成する各姿勢ごとに、ピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度がそれぞれ目標角度データとして、制御部ユニット6内に設けられたRAM（図示せず）に記憶されている。

【0036】

そして歩行動作時、メイン制御部6Aは、各脚部ユニット5のフォームを時系列的に構成する各姿勢ごとに、それぞれ目標角度データをRAMから読み出すと共に、現在のピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10、12の回転角度がそれぞれ目標角度データに応じた回転角度と一致するように、各脚部ユニット5のサブ制御部5Sを制御して、当該各出力軸10A、12Aの回転角度をそれぞれ単位角度ずつ更新しながら補正する。

【0037】

このようにすれば、各脚部ユニット5が不整地面でなる路面を歩行する場合でも、上述のように各姿勢ごとにピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度を単位角度ずつ更新しながら補正することにより、足裏面5CBRが不整地面の傾斜や凹凸に応じて傾斜したときでも、当該各脚部ユニット5のフォームがずれるのを防止することができる。

【0038】

かくして2足歩行型ロボット1において、メイン制御部6Aは、歩行動作時に、踏み出した一方の脚部ユニット5の足裏面5CBRが不整地面に接地したとき

、当該足裏面 5 C B R の傾斜角度が不整地面と合うようにその足部ユニット 5 C の関節機構を可動させると共に、当該脚部ユニット 5 を軸足としたときに上胴体部ユニット 2 A を下胴体部ユニット 2 B に対して前後方向及び又は左右横方向に移動させることにより、ロボット本体の重心を安定した状態に保つようになされている。

【 0 0 3 9 】

(3) ピッチ軸用アクチュエータ及びロール軸用アクチュエータの構成

図 6 において、ピッチ軸用アクチュエータ 1 0 及びロール軸用アクチュエータ 1 2 は A C サーボモータからなり、回転トルクを発生させるモータ部 2 0 と、当該モータ部 2 0 において発生された回転トルクを増幅して出力するトルク増幅部 2 1 とから構成されている。

【 0 0 4 0 】

モータ部 2 0 においては、モータケース 2 2 の内部に回転軸受け 2 3 A、2 3 B により回転自在に枢支されたロータ軸 2 4 が設けられ、当該ロータ軸 2 4 にロータ基体 2 5 及び図 7 (B) 及び (C) のように 4 極に着磁されたリング状のロータマグネット 2 6 が同軸に一体化されることによりロータ 2 7 が形成されている。

【 0 0 4 1 】

またモータケース 2 2 の内側には、図 8 及び図 9 (A) に示すように、ロータ 2 7 を取り囲むように 6 つのステータ鉄心 2 8 A ~ 2 8 F が等間隔 (45 [°] 間隔) で固着されると共に、これら各ステータ鉄心 2 8 (2 8 A ~ 2 8 F) には、それぞれ巻線が施されることによりコイル 2 9 (2 9 A ~ 2 9 F) が形成されている。

【 0 0 4 2 】

これによりモータ部 2 0 においては、180 [°] 対向する 2 つのコイル 2 9 (2 9 A 及び 2 9 D、2 9 B 及び 2 9 E、2 9 C 及び 2 9 F) の組 (合計 3 組ある) をそれぞれ U 相、V 相及び W 相として、これら U 相、V 相及び W 相の各コイル 2 9 にそれぞれ 120 [°] ずつ位相がずれた駆動電流を印加することによってロータ 2 7 を回転駆動することができ、かくして回転トルクを発生させることがで

きるようになされている。

【0043】

一方トルク増幅部 21 においては、図 6 及び図 10 (A) ~ (C) に示すように、モータケース 22 の先端部に着脱自在に固定されたギアケース 30 を有し、当該ギアケース 30 の内部に、環状の内歯車 31 と、ロータ軸 24 の先端部に固定された太陽歯車 32 と、内歯車 31 及び太陽歯車 32 間に $120 [^\circ]$ 間隔で配置された第 1 ~ 第 3 の遊星歯車 33A ~ 33C とからなる遊星歯車機構 34 が設けられている。

【0044】

このときトルク増幅部 21 においては、遊星歯車機構 34 の第 1 ~ 第 3 の遊星歯車 33A ~ 33C の各軸 35A ~ 35C がそれぞれギアケース 30 の先端に回転自在に配置された出力軸 36 に固定されており、かくしてモータ部 20 からロータ軸 24 を介して与えられる回転トルクを遊星歯車機構 34 を介して出力軸 36 に伝達し、当該出力軸 36 を介して外部に出力し得るようになされている。

【0045】

またトルク増幅部 21 には、出力軸 36 に固着された環状の樹脂マグネット 37 と、当該樹脂マグネット 37 の外周面と対向するようにギアケース 30 の外周面に固着された第 1 及び第 2 のホール素子 38A、38B とからなる 1 回転絶対角度センサ 39 が設けられている。

【0046】

この場合樹脂マグネット 37 は、図 10 (A) のように 2 極にかつ一周に亘って磁束密度 $\phi (\theta g)$ が図 11 のように変化するように着磁されると共に、第 1 及び第 2 のホール素子 38A、38B は、図 10 (B) のように $90 [^\circ]$ の位相差をもってギアケース 30 の外周面に固着されている。

【0047】

これにより 1 回転絶対角度センサ 39 においては、出力軸 36 の回転角度を、当該出力軸 36 の回転に伴う第 1 及び第 2 のホール素子 38A、38B の配設位置における磁束密度 $\phi (\theta g)$ の変化として検出し、検出結果を第 1 及び第 2 のホール素子 38A、38B からそれぞれ図 12 に示すようなそれぞれ $\sin (\theta$

g) 及び $\cos(\theta g)$ で与えられる波形の第 1 及び第 2 の 1 回転絶対角度センサ信号 S 1 A、S 1 B として出力することができるようになされている。

【0048】

かかる構成に加えこのピッチ軸用アクチュエータ 1 0 及びロール軸用アクチュエータ 1 2 の場合、モータ部 2 0 のモータケース 2 2 の内部には、ロータ軸 2 4 の磁極角度を検出するロータ軸磁極角度センサ 3 0 と、外部の上位コントローラ（図示せず）からの指令に基づいて出力軸 2 4 の回転角度、回転速度及び回転トルク等を制御する制御基板 4 1 と、制御基板 4 1 の制御のもとにモータ部 2 0 の各コイル 2 9 に駆動電流を供給するパワー基板 4 2 とが収納されている。

【0049】

この場合ロータ軸磁極角度センサ 4 0 は、ロータ 2 7 のロータ基体 2 5 の前端面に固着された樹脂マグネット 4 3 と、制御基板 4 1 に搭載された第 1 ～第 4 のホール素子 4 4 A ～ 4 4 D とから形成されている。そして樹脂マグネット 4 3 は、図 7 (B) 及び (C) に示すように、ロータ 2 7 のロータマグネット 2 6 と同じ 4 極に着磁され、当該ロータマグネット 2 6 と同位相でロータ基体 2 5 に固着されている。

【0050】

また第 1 ～第 4 のホール素子 4 4 A ～ 4 4 D は、図 1 3 (B) に示すように、ロータ軸 2 4 と同心円上に、第 1 及び第 2 のホール素子 4 4 A、4 4 B が $180 [^\circ]$ 対向し、かつ第 3 及び第 4 のホール素子 4 4 C、4 4 D がこれら第 1 及び第 2 のホール素子 4 4 A、4 4 B と同じ方向に $45 [^\circ]$ 位相がずれた位置に位置するように制御基板 4 1 に搭載されている。

【0051】

これによりこのロータ軸回転角度センサ 4 0 においては、ロータ軸 2 4 の磁極角度を、当該ローラ軸 2 4 と一体に回転する樹脂マグネット 4 3 の回転に伴う第 1 ～第 4 のホール素子 4 4 A ～ 4 4 D の配設位置における磁束密度の変化として検出し得るようになされている。

【0052】

なおロータ軸 2 4 の磁極角度とは、ロータ軸 2 4 の機械的回転角度にロータマ

グネット 26 の磁極数の半分の値を掛けた角度をいう。そしてこの実施の形態においては、ロータマグネット 26 が 4 極に着磁されているため、磁気角度が 0 から 2π までの範囲の値となる。

【0053】

一方制御基板 41 は、図 6、図 7 (A)、図 13 及び図 14 に示すように、環状に形成されたプリント配線板の一面側に 1 チップマイクロコンピュータ 45 及び CPU クロックを発生用の水晶発振器 46 が搭載されると共に、他面側に上述のロータ軸回転角度センサ 40 の第 1 ～第 4 のホール素子 44 A ～ 44 D と、温度センサ 47 とが搭載されることにより構成されている。

【0054】

そしてこの制御基板 41 においては、図 14 のようにロータ軸磁極角度センサ 40 における第 1 及び第 2 のホール素子 44 A、44 B の出力と、第 3 及び第 4 のホール素子 44 C、44 D の出力とをそれぞれ第 1 及び第 2 の減算回路 48 A、48 B を介して加算して第 1 及び第 2 のロータ軸磁極角度センサ信号 S2 A、S2 B として 1 チップマイクロコンピュータ 45 に取り込み、かつ 1 回転絶対角度センサ 39 (図 6、図 10 (C)) からケーブル 49 (図 6) を介して供給される第 1 及び第 2 の 1 回転絶対角度センサ信号 S1 A、S1 B を 1 チップマイクロコンピュータ 45 に取り込み得るようになされている。

【0055】

また制御基板 41 においては、2 本の電源ライン、1 本の汎用のパラレル通信ライン、2 本の RS-232C シリアル通信ライン及び 2 本の同期式シリアル通信ラインを有する第 2 のケーブル 50 (図 6) を通じて上位コントローラと接続されており、かくして 1 チップマイクロコンピュータ 45 がこの第 2 のケーブル 50 を介して駆動電圧を入力し、かつ上位コントローラと交信することができるようになされている。

【0056】

そして 1 チップマイクロコンピュータ 45 は、この第 2 のケーブル 50 を介して上位コントローラから与えられる出力軸 36 (図 6) の回転角度、回転速度又は回転トルクの指定値 (以下、これらをそれぞれ指定回転角度、指定回転速度及

び指定回転トルクと呼ぶ)と、第1及び第2の1回転絶対角度センサ信号S1A、S1Bと、第1及び第2のロータ軸磁極角度センサ信号S2A、S2Bと、後述のようにパワー基板42から供給される第1～第3の駆動電流検出信号S3A～S3Cとに基づいて、U相、V相及びW相の各コイル29にそれぞれ印加すべき駆動電流の値(以下、これらをそれぞれ第1～第3の電流指令値と呼ぶ)を算出し、これら算出した第1～第3の電流指令値を第3のケーブル51を介してパワー基板42に送出する。

【0057】

これに対してパワー基板42においては、図6、図9(B)及び(C)に示すように、環状に形成されたプリント配線板の一面側に図15に示すコイル駆動ブロック52を形成する複数のパワートランジスタチップ53が搭載されることにより構成されている。

【0058】

そしてこのコイル駆動ブロック52は、制御基板41の1チップマイクロコンピュータ45から与えられる第1～第3の電流指令値に基づいてモータ部20のU相、V相及びW相の各コイル29に対してそれぞれ対応する第1～第3の電流指令値に応じた大きさの駆動電流を印加することによりモータ部20のロータ27を回転駆動させる。

【0059】

またこの際コイル駆動ブロック52は、このときU相、V相及びW相の各コイル29にそれぞれ印加されている駆動電流の大きさをそれぞれ検出し、検出結果を第1～第3の駆動電流検出信号S3A～S3Cとして第3のケーブル51(図6)を介して制御基板41に送出する。

【0060】

このようにしてこのピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12では、制御基板41の1チップマイクロコンピュータ45及びパワー基板42のコイル駆動ブロック52からなる制御回路によって、上位コントローラから与えられた指定回転角度、指定回転速度又は指定回転トルクに応じてモータ部20を駆動する。

【0061】

そしてこのように構成されたピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12においては、上述のようにモータ部20を駆動制御する制御回路がモータケース22内部に収納されているため、外部との接続配線量を格段的に減少させることができ、またアクチュエータシステム全体としての配線量をも減少させることができる。

【0062】

またこのピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12においては、ロータ軸磁極角度センサ40をモータケース22内部に収納するようにしてロータ27の極近傍に設けているため、ロータ軸24を太くことなく高精度かつ高速の位置決めを行い得るように構築することができ、その分モータ全体として高精度にかつ小型軽量に構築することができる。

【0063】

(4) 1チップマイクロコンピュータ及びコイル駆動ブロックの構成

ここで1チップマイクロコンピュータ45は、図16に示すように、演算処理ブロック58、レジスタ59、ロータ軸回転角度検出処理ブロック60、トルク-3相電流信号変換処理ブロック61、電流制御処理ブロック62及び第1～第4のアナログ/デジタル変換回路63～66から構成されている。

【0064】

そしてこの1チップマイクロコンピュータ45では、パワー基板42から与えられる第1～第3の駆動電流検出信号S3A～S3Cを第1のアナログ/デジタル変換回路63においてそれぞれデジタル変換し、得られた第1～第3の駆動電流検出データD3A、D3Bを電流制御処理ブロック62に入力する。

【0065】

また1チップマイクロコンピュータ45では、1回転絶対角度センサ39(図6、図10(C))から供給される第1及び第2の1回転絶対角度センサ信号S1A、S1Bを第3のアナログ/デジタル変換回路65においてデジタル変換し、得られた第1及び第2の1回転絶対角度センサデータD1A、D1Bをレジスタ59に格納する。

【0066】

さらに1チップマイクロコンピュータ45では、第1及び第2の減算回路48A、48B（図14）から与えられるロータ軸磁極角度センサ40の出力に基づく第1及び第2のロータ軸磁極角度センサ信号S2A、S2Bを第2のアナログ／デジタル変換回路64においてデジタル変換し、得られた第1及び第2のロータ軸磁極角度センサデータD2A、D2Bをロータ軸回転角度検出処理ブロック60に入力する。

【0067】

ロータ軸回転角度検出処理ブロック60は、供給される第1及び第2のロータ軸磁極角度センサデータD2A、D2Bに基づいてロータ軸24の磁極回転角度（以下、これをロータ軸磁極回転角度と呼ぶ） P_{ml} と、磁極角度 θ_p を検出し、ロータ軸回転角度 P_{ml} をレジスタ59に格納すると共に磁極角度 θ_p をトルク-3相電流信号変換処理ブロック61に送出する。

【0068】

なおロータ軸24の磁極回転角度（ロータ軸磁極回転角度 P_{ml} ）とは、ロータ軸24の回転に伴い第1～第4のホール素子44A～44Dにより検出される樹脂マグネット43の隣接する一対のN極及びS極による磁極変化を1周期（ $0 \sim 2\pi$ ）とする角度をいう。そしてこの実施の形態においては樹脂マグネット43が4極に着磁されているため、ロータ軸磁極回転角度 P_{ml} が0から 4π までの範囲の値となる。

【0069】

そして演算処理ブロック58は、このようにしてレジスタ59に格納された第1及び第2の1回転絶対角度センサデータD1A、D1B並びにロータ軸磁極回転角度 P_{ml} と、上位コントローラから与えられる指定回転角度、指定回転速度又は指定回転トルクとに基づいて、目標とする回転トルク（以下、これを目標回転トルクと呼ぶ） T_0 を演算し、演算結果をレジスタ59に格納する。なおこの目標回転トルク T_0 は、後述のように1〔ms〕周期で演算される。

【0070】

このレジスタ59に格納された目標トルク T_0 は、トルク-3相電流信号変換

処理ブロック 61 により読み出される。そしてトルク-3 相電流信号変換処理ブロック 61 は、この目標トルク T_0 と、ロータ軸回転角度検出処理ブロック 60 から与えられるロータ軸 24 の磁極角度 θ_p とに基づいて、モータ部 20 における U 相、V 相、W 相の各コイル 29 にそれぞれ印加すべき駆動電流の値を表す上述の第～第 3 の電流指令値 U_r 、 V_r 、 W_r をそれぞれ算出し、これを電流制御処理ブロック 62 に送出する。

【0071】

電流制御処理ブロック 62 は、トルク-3 相電流信号変換処理ブロック 61 から与えられる第～第 3 の電流指令値 U_r 、 V_r 、 W_r と、第 1 のアナログ／デジタル変換回路 63 から与えられる第 1～第 3 の駆動電流検出データ $D3A \sim D3C$ とに基づいて、第～第 3 の電流指令値 U_r 、 V_r 、 W_r に対して電圧変動に対する補償処理を含む所定の信号処理を施した後これを PWM (Pulse Width Modulation) 変調し、得られた第 1～第 3 の PWM 信号 $S4A \sim S4C$ を第 3 のケーブル 51 を介してこれをパワー基板 42 のコイル駆動ブロック 51 に送出する。

【0072】

なお第 3 のケーブル 51 には、第 1～第 3 の PWM 信号 $S4A \sim S4C$ 用にそれぞれ 2 本のラインが設けられている。そして電流制御処理ブロック 62 は、出力軸 36 (図 6) を正転駆動するときには第 1～第 3 の PWM 信号 $S4A \sim S4C$ をそれぞれ一方の第 1 のラインを介してパワー基板 42 のコイル駆動ブロック 52 に送出すると共に、第 1～第 3 の PWM 信号 $S4A \sim S4C$ における論理「0」レベルの信号 (以下、これらを第 1～第 3 の基準信号と呼ぶ) $S5A \sim S5C$ を他方の各第 2 のラインをそれぞれ介してパワー基板 42 のコイル駆動ブロック 52 に送出する。

【0073】

また電流制御処理ブロック 62 は、出力軸 36 を逆転駆動するときには第 1～第 3 の PWM 信号 $S4A \sim S4C$ をそれぞれ第 2 のラインを介してパワー基板 42 のコイル駆動ブロック 52 に送出すると共に、第 1～第 3 の基準信号 $S5A \sim S5C$ をそれぞれ各第 1 のラインを介してパワー基板 42 のコイル駆動ブロック

52に送出する。

【0074】

一方コイル駆動ブロック52においては、図15に示すように、U相、V相、W相の各コイル29にそれぞれ対応させて、それぞれ4個の増幅器68A～68Cからなる同様構成の第1～第3のゲートドライブ回路69A～69Cと、それぞれ2個のPNP型トランジスタTR1、TR2及び2個のNPN型トランジスタTR3、TR4からなる同様構成の第1～第3のインバータ回路70A～70Cで構成されている。

【0075】

そしてこのコイル駆動ブロック52では、U相、V相及びW相の各第1のラインがそれぞれ対応する第1～第3のゲートドライブ回路69A～69Cの第1及び第3の増幅器68A、68Cをそれぞれ介して対応する第1～第3のインバータ回路70A～70Cの第2のPNP型トランジスタTR2のベース及び第1のNPN型トランジスタTR3のベースと接続され、U相、V相及びW相の各第2のラインがそれぞれ対応する第1～第3のゲートドライブ回路70A～70Cの第2及び第4の増幅器68B、68Dをそれぞれ介して対応する第1～第3のインバータ回路70A～70Cの第2のPNP型トランジスタTR2のベース及び第1のNPN型トランジスタTR4のベースと接続されている。

【0076】

またこのコイル駆動ブロック52では、モータ部20のU相、V相及びW相の各コイル29がそれぞれ対応する第1～第3のインバータ回路70A～70Cにおける第1のPNP型トランジスタTR1のコレクタ及び第1のNPN型トランジスタTR3のコレクタの接続中点と、第2のPNP型トランジスタTR2のコレクタ及び第2のNPN型トランジスタTR4のコレクタの接続中点との間に接続されている。

【0077】

これによりこのコイル駆動ブロック52においては、U相、V相及びW相の各相毎に、第1又は第2のラインを介して与えられる第1～第3のPWM信号S4A～S4Cをそれぞれ対応する第1～第3のインバータ回路70A～70Cにお

いてアナログ波形の駆動電流 I_u 、 I_v 、 I_w に変換し、これらをそれぞれ対応するU相、V相及びW相の各コイル29に印加することができるようになされている。

【0078】

またコイル駆動ブロック52においては、U相、V相及びW相の各コイル29に供給する駆動電流 I_u 、 I_v 、 I_w の大きさを第1～第3のインバータ回路70A～70Cにそれぞれ設けられたコイルからなる電流センサ71により検出し、検出結果を上述のように第1～第3の第1～第3の駆動電流検出信号S3A～S3Cとして制御基板41の1チップマイクロコンピュータ45の第1のアナログ／デジタル変換回路63（図16）に送出するようになされている。

【0079】

因みに図16に示す演算処理ブロック58は、CPU (Central Processing Unit) 78と、各種プログラムが格納されたROM (Read Only Memory) 79と、CPU78のワークメモリとしてのRAM (Random Access Memory) 80と、汎用のパラレル通信に対応したパラレル通信用入出力回路81と、上位コントローラとの間の入出力インタフェース回路であるシリアル通信用入出力回路82と、サーボ割込みのための1 [ms] 周期のサーボ割込信号S10及びPWM周期である50 [μ m] 周期のPWMパルス信号S11を発生するサーボ割込信号発生回路83と、サーボ割込信号発生回路83からサーボ割込信号S10が正しく発生されているかをCPU78が検出するための1 [ms] 周期以上の所定期間を有するウォッチドッグ信号S12を発生するウォッチドッグ信号発生回路84とがCPUバス85を介して相互に接続されることにより構成されている。

【0080】

(5) コイル駆動電流と出力トルクの関係

ここでこのピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12におけるモータ部20のU相、V相及びW相の各コイル29に印加する駆動電流 I_u 、 I_v 、 I_w と、出力軸36を介して外部に出力される回転トルク（以下、出力トルクと呼ぶ）との関係について説明する。

【0081】

まずU相、V相及びW相の各コイル29に駆動電流 I_u 、 I_v 、 I_w を印加したときにおけるこれらU相、V相及びW相の各コイル29の交差する磁束密度を ϕ_u 、 ϕ_v 、 ϕ_w とすると、出力トルク $T(\theta_p)$ は、モータ部20のロータ軸24の磁極角度 θ_p を用いて次式

【0082】

【数1】

$$T(\theta_p) = I_u \times \phi_u \times K_0 + I_v \times \phi_v \times K_0 + I_w \times \phi_w \times K_0 \quad \dots\dots (1)$$

【0083】

のように与えられる。なおこの(1)式において、 K_0 は各コイル29に駆動電流 I_u 、 I_v 、 I_w を印加したときの一定の係数値を表す。

【0084】

ここでU相、V相及びW相の各コイル29に印加する駆動電流 I_u 、 I_v 、 I_w は、上述のようにそれぞれ次式

【0085】

【数2】

$$I_u = I_0 \times \sin \theta_p \quad \dots\dots (2)$$

【0086】

【数3】

$$I_v = I_0 \times \sin \left(\theta_p + \frac{2\pi}{3} \right) \quad \dots\dots (3)$$

【0087】

【数4】

$$I_w = I_0 \times \sin \left[\theta_p - \frac{2\pi}{3} \right] \quad \dots (4)$$

【0088】

のように制御され、このため各磁束密度は ϕ_u 、 ϕ_v 、 ϕ_w はそれぞれ次式、

【0089】

【数5】

$$\phi_u = \phi_0 \times \sin \theta_p \quad \dots (5)$$

【0090】

【数6】

$$\phi_v = \phi_0 \times \sin \left[\theta_p + \frac{2\pi}{3} \right] \quad \dots (6)$$

【0091】

【数7】

$$\phi_w = \phi_0 \times \sin \left[\theta_p - \frac{2\pi}{3} \right] \quad \dots (7)$$

【0092】

となる。

【0093】

従って出力トルク $T(\theta_p)$ は、これら(2)式～(7)式を(1)式に代入して、次式

【0094】

【数8】

$T(\theta p)$

$$\begin{aligned}
 &= I_0 \times \phi_0 \times K_0 \left\{ \sin \theta p \times \sin \theta p \right. \\
 &\quad + \sin \left[\theta p + \frac{2\pi}{3} \right] \times \sin \left[\theta p + \frac{2\pi}{3} \right] \\
 &\quad \left. + \sin \left[\theta p - \frac{2\pi}{3} \right] \times \sin \left[\theta p - \frac{2\pi}{3} \right] \right\} \\
 &= I_0 \times \phi_0 \times K_1 \quad (\text{但し } K_1 = 1.5K_0) \quad \dots\dots (8)
 \end{aligned}$$

【0095】

と表すことができる。

【0096】

従ってこのピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12では、各コイル29に印加する駆動電流 I_u 、 I_v 、 I_w の大きさに比例した出力トルクが得られることが分かる。

【0097】

(6) 不整地歩行制御手順

ここで2足歩行型ロボット1は、歩行動作時に、各脚部ユニット5の足部ユニット5Cに設けられたピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12について、それぞれ図17に示す不整地歩行制御手順RT1を実行することにより、歩行路面が不整地面であっても各脚部ユニット5のフォームがずれることなくロボット本体の重心を常に安定した状態に保つことができる。

【0098】

まず2足歩行型ロボット1の制御部ユニット6内に設けられたメイン制御部6Aは、オペレータにより歩行動作の開始命令が与えられると、ステップSP0か

ら当該不整地歩行制御手順RT1に入り、続くステップSP1において、静止状態にある2足歩行型ロボット1の各脚部ユニット5について、歩行動作時における一連のフォームのプログラムを実行する。

【0099】

続いてメイン制御部6Aは、ステップSP2に進んで、各脚部ユニット5の足部ユニット5Cに設けられたピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度を所定の単位角度だけ更新した後、ステップSP3に進む。

【0100】

このステップSP3において、メイン制御部6Aは、歩行動作時の各脚部ユニット5のフォームを時系列的に構成する複数の姿勢のうち、現在の姿勢に応じた目標角度データをRAM（図示せず）から読み出す。

【0101】

続いてメイン制御部6Aは、ステップSP4に進んで、一方の脚部ユニット5について足裏面5CBRの一部が路面に接地したか否かを判断した後、否定結果が得られたときには、再度ステップSP2に戻って、さらにピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度をそれぞれ所定の単位角度だけ更新する。

【0102】

かくしてメイン制御部6Aは、ステップSP4において肯定結果が得られるまで、すなわち一方の脚部ユニット5について足裏面5CBRの一部が路面に接地するまで、ステップSP2及びSP3の処理を繰り返して、ピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度をそれぞれ単位角度ずつ更新し続ける。

【0103】

続いてメイン制御部6Aは、ステップSP5において、路面に足裏面5CBRが接地したときのピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12に流れる駆動電流の電流値 I_{MP} 、 I_{MR} （共に I_U 、 I_V 、 I_W ）を検出した後、ステップSP6に進む。

【0104】

このステップSP6において、メイン制御部6Aは、得られた電流値 I_{MP} 、 I_{MR} に対して所定の演算処理を実行することにより、それぞれ出力軸10A、12Aのトルク値 T_{MP} 、 T_{MR} （共に $T(\theta_P)$ ）に変換する。

【0105】

続いてメイン制御部6Aは、ステップSP7に進んで、当該トルク値 T_{MP} 、 T_{MR} から、足裏面5CBRが傾斜する前の状態（すなわち、つま先部5CBT（図3）が重力で下がらない状態）にピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aにかかるトルク（以下、これを自重トルクと呼ぶ）のトルク値 T_{GP} 、 T_{GR} を差し引くことにより、不整地面の傾斜又は凹凸に応じて足裏面5CBRが傾斜したときに各出力軸10A、12Aにかかるトルク（以下、これを外力トルクと呼ぶ）のトルク値 T_{FP} 、 T_{FR} のみを算出する。

【0106】

この後、メイン制御部6AはステップSP8において、外力トルクのトルク値 T_{FP} 、 T_{FR} が0であるか否かを判断し、肯定結果を得ると、このことは路面が傾斜又は凹凸が生じた不整地面であることを表しており、このときメイン制御部6Aは、ステップSP2に戻って、さらにピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度をそれぞれ所定の単位角度だけ更新した後、上述と同様の処理を繰り返す。

【0107】

これに対してステップSP8において否定結果を得ると、このことは足裏面5CBRが接地面に対して傾斜していることを表しており、このときメイン制御部6Aは、ステップSP9に進んで、外力トルクのトルク値 T_{FP} 、 T_{FR} が0に近づくように、ピッチ軸用アクチュエータ10及びロール軸用アクチュエータ12の各出力軸10A、12Aの回転角度を単位角度だけ補正した後、再度ステップSP2に戻って上述と同様の処理を繰り返す。

【0108】

このように各脚部ユニット5におけるピッチ軸用アクチュエータ10及びロー

ル軸用アクチュエータ 12 について、それぞれ出力軸 10 A、12 A の回転角度を単位角度ずつ更新しながら補正することにより、歩行動作時の各脚部ユニット 5 のフォームを時系列的に構成する各姿勢ごとに常に一致させることができる。

【0109】

(7) 本実施の形態の動作及び効果

以上の構成において、2足歩行型ロボット 1 では、平坦でない不整地面からなる路面を歩行する際、踏み出した一方の脚部ユニット 5 の足裏面 5 C B R が不整地面に接地したとき、当該接地した足裏面 5 C B R をもつ足部ユニット 5 C のピッチ軸用アクチュエータ 10 及びロール軸用アクチュエータ 12 に内蔵された各制御基板 4 1 を用いてそれぞれ駆動電流を検出する。

【0110】

このときピッチ軸用アクチュエータ 10 及びロール軸用アクチュエータ 12 では、それぞれ流れる駆動電流と各出力軸 10 A、12 A にかかるトルクとは比例関係にあるため、当該駆動電流の検出結果に基づいて、各出力軸 10 A、12 A にかかる外力トルクを算出することができる。

【0111】

従って、踏み出した脚部ユニット 5 の足裏面 5 C B R が不整地面に接地して傾斜した場合でも、算出された外力トルクに応じてピッチ軸用アクチュエータ 10 及びロール軸用アクチュエータ 12 をそれぞれ駆動することにより、当該足裏面 5 C B R が不整地面に安定して接地し得るように足部ユニット 5 C の関節機構を可動させることができ、この結果当該脚部ユニット 5 を軸足としたときに 2 足歩行型ロボット 1 全体の重心を安定した状態に保つことができる。

【0112】

以上の構成によれば、2足歩行型ロボット 1 において、各脚部ユニット 5 の足部ユニット 5 C のピッチ軸用アクチュエータ 10 及びロール軸用アクチュエータ 12 内にそれぞれ制御基板 4 1 を設け、歩行動作時に、当該各制御基板 4 1 を用いて検出した各アクチュエータ 10、12 に流れる駆動電流に基づいて、各アクチュエータ 10、12 の出力軸 10 A、12 A にかかる外力トルクを算出するようにしたことにより、踏み出した脚部ユニット 5 の足裏面 5 C B R が不整地面に

接地して傾斜した場合でも、当該外力トルクに応じてピッチ軸用アクチュエータ 10 及びロール軸用アクチュエータ 12 をそれぞれ駆動して当該足裏面 5CBR が不整地面に安定して接地させることができ、この結果当該脚部ユニット 5 を軸足としたときに 2 足歩行型ロボット 1 全体の重心を安定した状態に保つことができ、かくして構成を簡易にし得ると共に制御を容易にし得る 2 足歩行型ロボット 1 を実現することができる。

【0113】

(8) 他の実施の形態

なお上述の実施の形態においては、第 1 及び第 2 のリンクとして脚部ユニット 5 における脛部ユニット 5B 及び足部ユニット 5C を適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、

上胴体部ユニット 2A 及び下胴体部ユニット 2B 間、腕部ユニット 4 における上腕部ユニット 4A 及び下腕部ユニット 4B 間、下腕部ユニット 4B 及び手部ユニット 4C 間、大腿部ユニット 5A 及び脛部ユニット 5B 間等の種々の関節機構部に広く適用することができる。

【0114】

要は、第 1 及び第 2 のリンク間に設けられ、第 1 又は第 2 のリンクを第 2 又は第 1 のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持することができれば、関節機構部としてはこの他種々の構成のものを広く適用することができる。

【0115】

また上述の実施の形態においては、第 1 及び第 2 のリンク間に設けられ、第 1 又は第 2 のリンクを第 2 又は第 1 のリンクに対して回転軸を中心として回転自在に支持する関節機構部として、脚部ユニット 5 における脛部ユニット 5B 及び足部ユニット 5C 間を連結する関節機構部（具体的には、脛部ユニット 5B の先端に設けられた平板突起部 5BA、5BB と足部ユニット 5C の足首部材 5CA との間を連結する関節機構部、並びに当該平板突起部 5BA、5BB と足部ユニット 5C の接地部材 5CB との間を連結する関節機構部）5B、5C、9～12 に適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、この他の構成ユニット（胴体部、頭部、腕部、脚部等）間を連結する種々の関節機構部に広く適用する

ことができる。

【0 1 1 6】

さらに上述の実施の形態においては、脚部ユニット 5 における脛部ユニット 5 B 及び足部ユニット 5 C 間を連結する関節機構部 5 B、5 C、9 ~ 1 2 に取り付けられ、供給される駆動電流に応じた回転力を発生すると共に、当該回転力を出力軸 1 0 A、1 2 A を介して回転軸 9、1 1 に伝達する駆動手段を、図 6 に示すようなピッチ軸用アクチュエータ 1 0 及びロール軸用アクチュエータ 1 2 から構成するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、要は、内部に駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段としての制御基板 4 1 が内蔵されていれば、駆動手段としてはこの他種々のアクチュエータを適用するようにしても良い。

【0 1 1 7】

さらに上述の実施の形態においては、電流値検出手段としての制御基板 4 1 により検出された駆動電流の電流値に基づいて、駆動手段の出力軸にかかるトルクを検出するトルク検出手段と、当該トルク検出手段により検出されたトルクに基づいて、第 1 又は第 2 のリンクに与えられる外力を検出する外力検出手段とを、制御部ユニット 6 内のメイン制御部 6 A から構成するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、トルク検出手段及び外力検出手段としてはこの他種々の構成のものを適用しても良い。

【0 1 1 8】

さらに上述の実施の形態においては、オペレータが遠隔操作装置を用いて外部から遠隔操作することにより上述のような歩行動作を実行するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、制御部ユニット 6 内の周辺回路として設けられた RAM に予め歩行動作を含む行動プログラムを記憶しておき、当該行動プログラムに基づいて、上述した不整地制御処理手順 R T 1 (図 1 7) を歩行動作の際に実行させるようにしても良い。

【0 1 1 9】

さらに上述の実施の形態においては、メイン制御部 6 A は、足裏面 5 C B R が不整地面に接地した脚部ユニット 5 の足部ユニット 5 C の関節機構部を可動させ

ると共に当該脚部ユニット 5 を軸足としたときに上胴体部ユニット 2 A を下胴体部ユニット 2 B に対して前後方向及び又は左右横方向に移動させるようにして、ロボット本体の重心を安定した状態に保つようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、下胴体部ユニット 2 B に連結された各大腿部ユニット 5 A をそれぞれ前後方向及び又は左右横方向に移動させるようにして、ロボット本体の重心を安定した状態に保つようにしても良い。

【0120】

さらに上述の実施の形態においては、本発明を 2 足歩行型ロボット 1 に適用した場合について述べたが、本発明はこれに限らず、複数の構成ユニットを有する関節駆動装置を利用したロボット装置であれば、4 足や 6 足等の多足歩行型ロボットのみならず、複数のアームを有するロボットなどの種々のロボット装置に広く適用することができる。

【0121】

【発明の効果】

上述のように本発明によれば、供給される駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段が内蔵された駆動手段を、第 1 及び第 2 のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に取り付け、当該駆動電流の電流値に基づいて得られた駆動手段の出力軸にかかるトルクに応じて、第 1 又は第 2 のリンクに与えられる外力を求めるようにしたことにより、当該外力を直接測定するための機器を新たに設ける必要がなくて済み、その分だけ装置全体の構成を簡易にし得る関節駆動装置を実現することができる。

【0122】

また本発明によれば、ロボット本体に係合された少なくとも 1 以上の構成ユニットを有する関節駆動装置を利用したロボット装置において、供給される駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段が内蔵された駆動手段を、第 1 及び第 2 のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に取り付け、当該駆動電流の電流値に基づいて得られた駆動手段の出力軸にかかるトルクに応じて、構成ユニットが外部接触したときに第 1 又は第 2 のリンクに与えられる外力を求めるようにしたことにより、当該外力を直接測定するための機器を新たに設ける必要がなくて済み

、その分だけ装置全体の構成を簡易にし得る関節駆動装置を利用したロボット装置を実現することができる。

【0123】

さらに本発明によれば、第1及び第2のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に回転力を与えるための駆動電流の電流値を検出し、当該電流値に基づいて得られた回転力に加わるトルクに応じて、第1又は第2のリンクに与える外力を求めるようにしたことにより、当該外力を直接測定する場合と比較して格段と制御を容易にし得る関節駆動方法を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本実施の形態による2足歩行型ロボットの構成を示す略線的な外観図である。

【図2】

図1に示す2足歩行型ロボットの内部構成を示すブロック図である。

【図3】

脚部ユニットにおける足部ユニットの外観構成を示す略線的な斜視図である。

【図4】

図3に示す足部ユニットの構成を示す側面図である。

【図5】

図3に示す足部ユニットの構成を示す前面図である。

【図6】

図2に示すアクチュエータの構成を示す部分的な断面図である。

【図7】

ロータ及びロータ軸磁極角度センサの構成を示す略線図である。

【図8】

ロータ及びステータ鉄心の位置関係の説明に供する部分的な断面図である。

【図9】

ステータ及びパワー基板の構成を示す略線図である。

【図10】

トルク増幅部の構成を示す略線図である。

【図 1 1】

1 回転絶対角度センサにおける樹脂マグネットの着磁パターンの説明に供する波形図である。

【図 1 2】

第 1 及び第 2 の 1 回転絶対角度センサ信号の説明に供する波形図である。

【図 1 3】

制御基板の構成を示す略線的な平面図である。

【図 1 4】

制御基板の構成を示すブロック図である。

【図 1 5】

パワー基板の構成を示すブロック図である。

【図 1 6】

1チップマイクロコンピュータの構成を示すブロック図である。

【図 1 7】

不整地歩行制御手順の説明に供するフローチャートである。

【符号の説明】

1 …… 2 足歩行型ロボット、2 …… 胴体部ユニット、2 A …… 上胴体部ユニット、2 B …… 下胴体部ユニット、2 S ~ 5 S …… サブ制御部、3 …… 頭部ユニット、4 …… 腕部ユニット、4 A …… 上腕部ユニット、4 B …… 下腕部ユニット、5 …… 脚部ユニット、5 A …… 大腿部ユニット、5 B …… 脛部ユニット、5 C …… 足部ユニット、5 C A …… 足首部材、5 C B …… 接地部材、5 C B T …… つま先部、5 C B R …… 足裏面、6 …… 制御部ユニット、6 A …… メイン制御部、9、1 1 …… 固定軸、1 0 (A_{13}) …… ピッチ軸用アクチュエータ、1 0 A、1 2 A …… 出力軸、1 2 (A_{14}) …… ロール軸用アクチュエータ、2 0 …… モータ部、2 1 …… トルク増幅部、2 4 …… ロータ軸、2 7 …… ロータ、2 9 …… コイル、4 1 …… 制御基板、4 2 …… パワー基板、4 5 …… 1チップマイクロコンピュータ。

【書類名】 図面

【図 1】

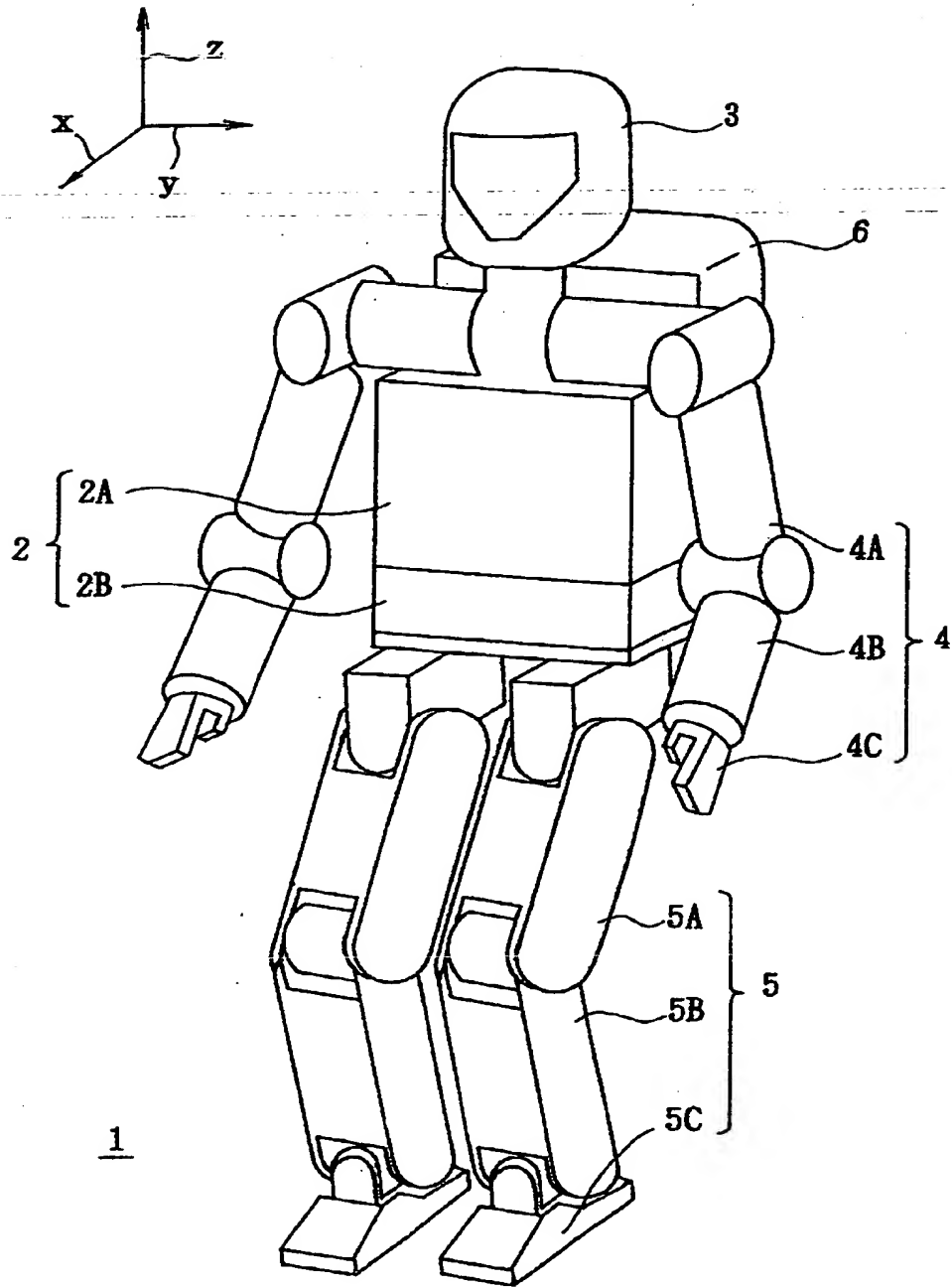


図 1 本実施の形態による 2 足歩行型ロボットの構成

【図 2】

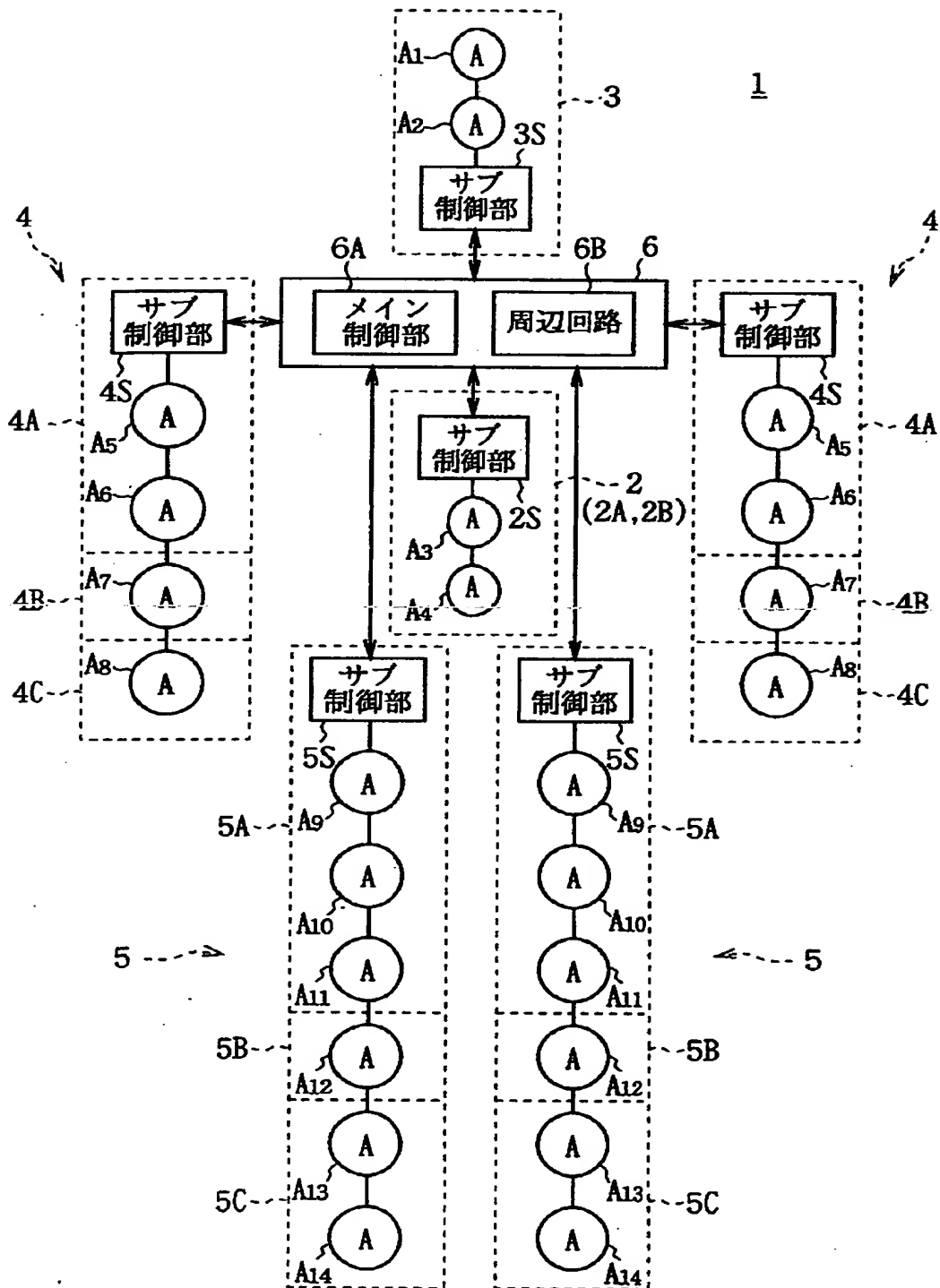


図 2 2足歩行型ロボットの内部構成

【図 3】

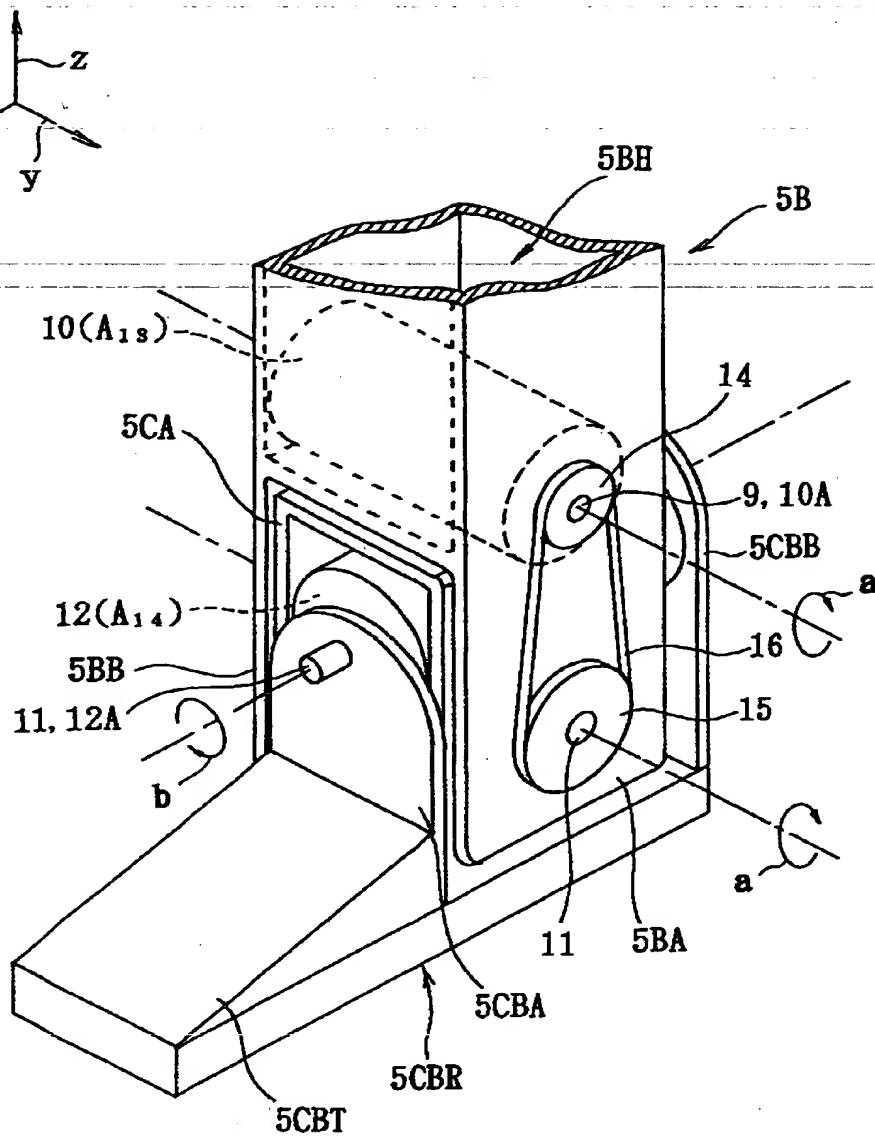


図3 足部ユニットの構成(1)

【図 4】

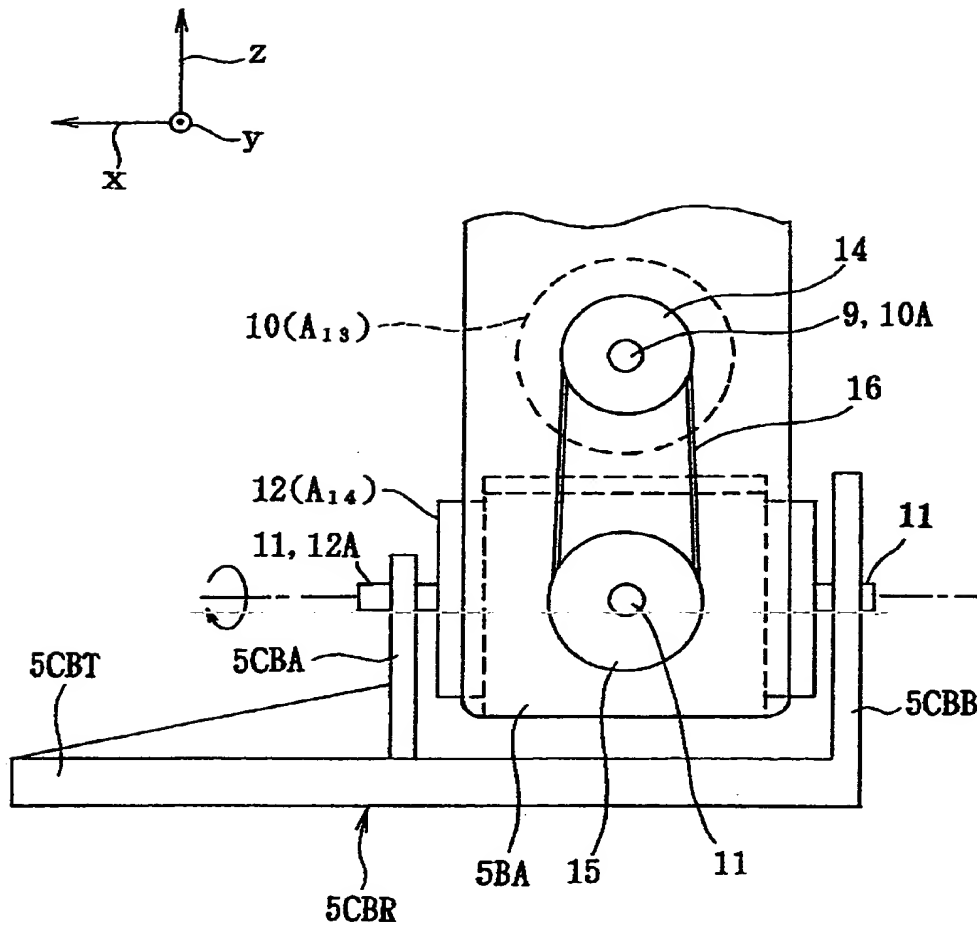


図 4 足部ユニットの構成 (2)

【図 5】

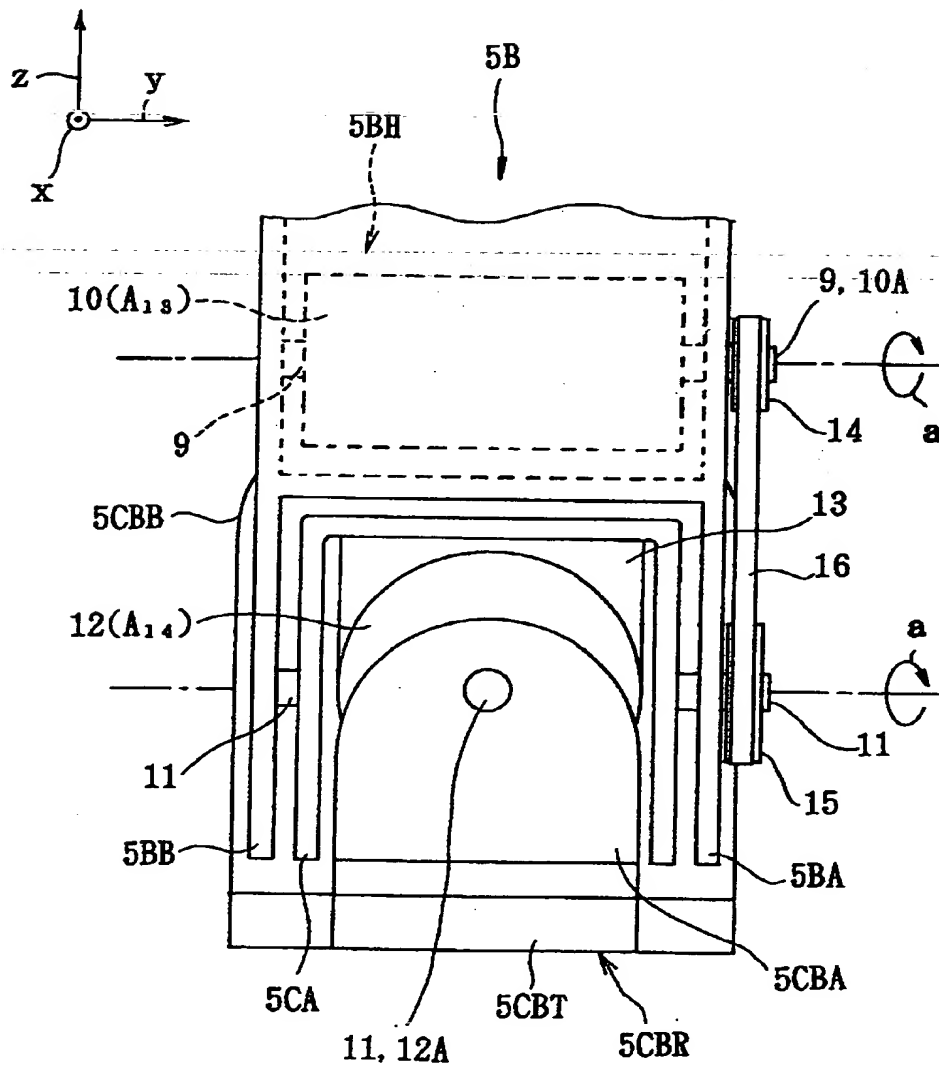


図 5 足部ユニットの構成 (3)

【図 6】

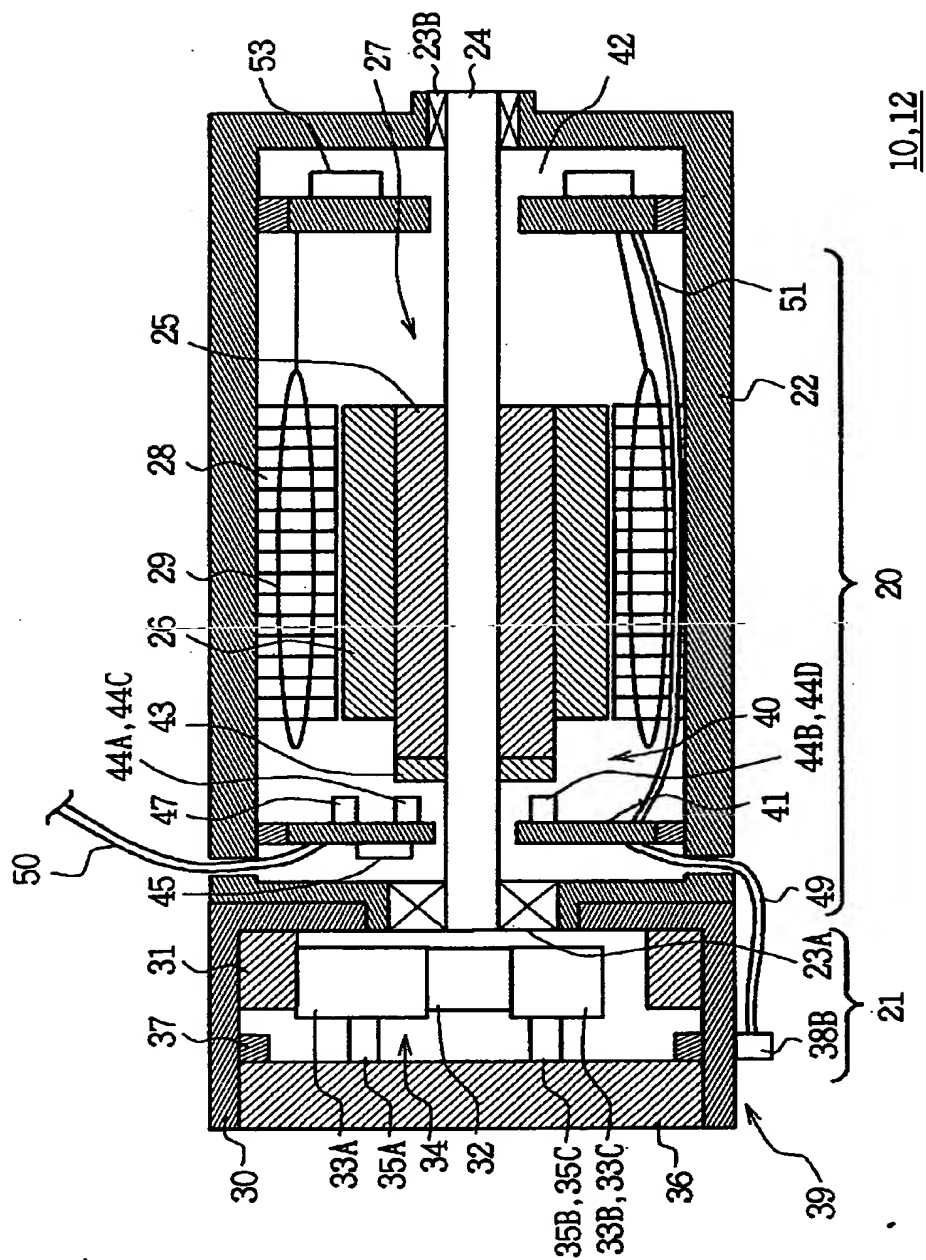


図6 アクチュエータの構成

【図 7】

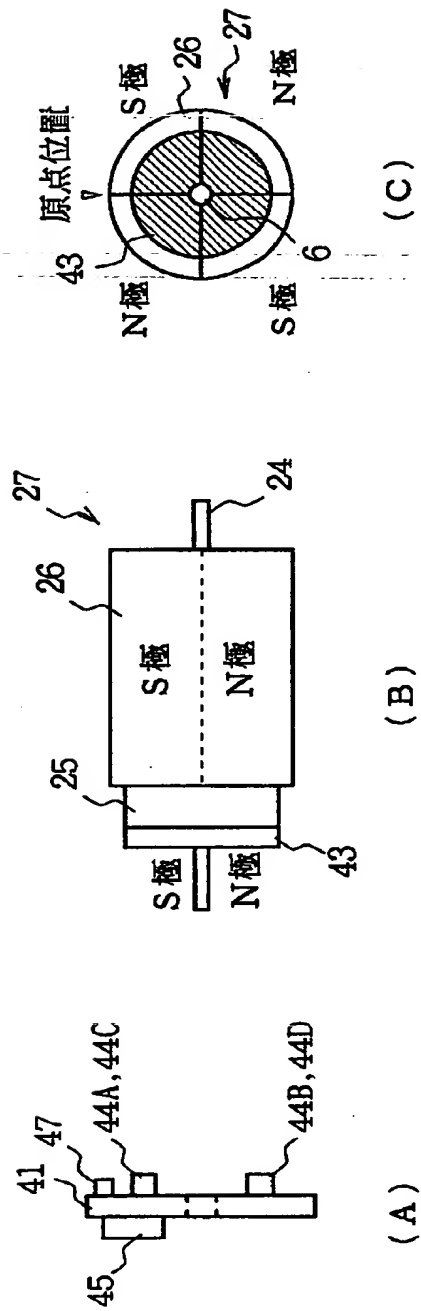


図 7 ロータ及びロータ軸磁極角度センサの構成

【図 8】

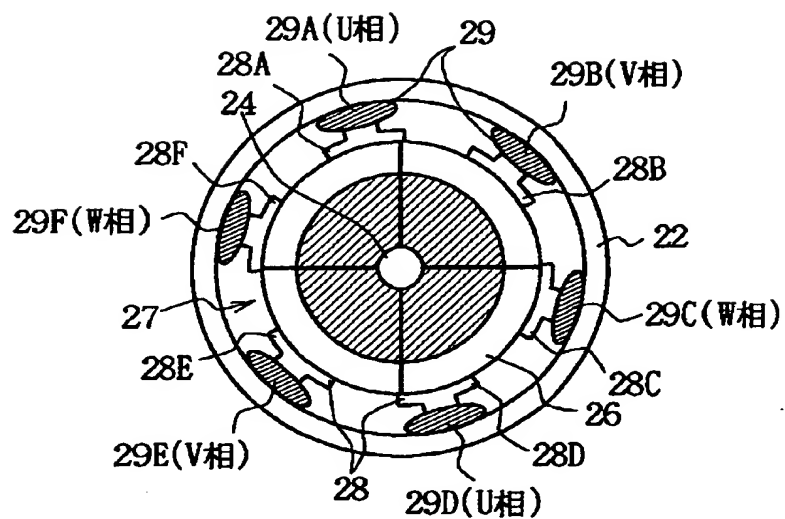


図 8 ロータ及びステータ鉄心の位置関係

【図 9】

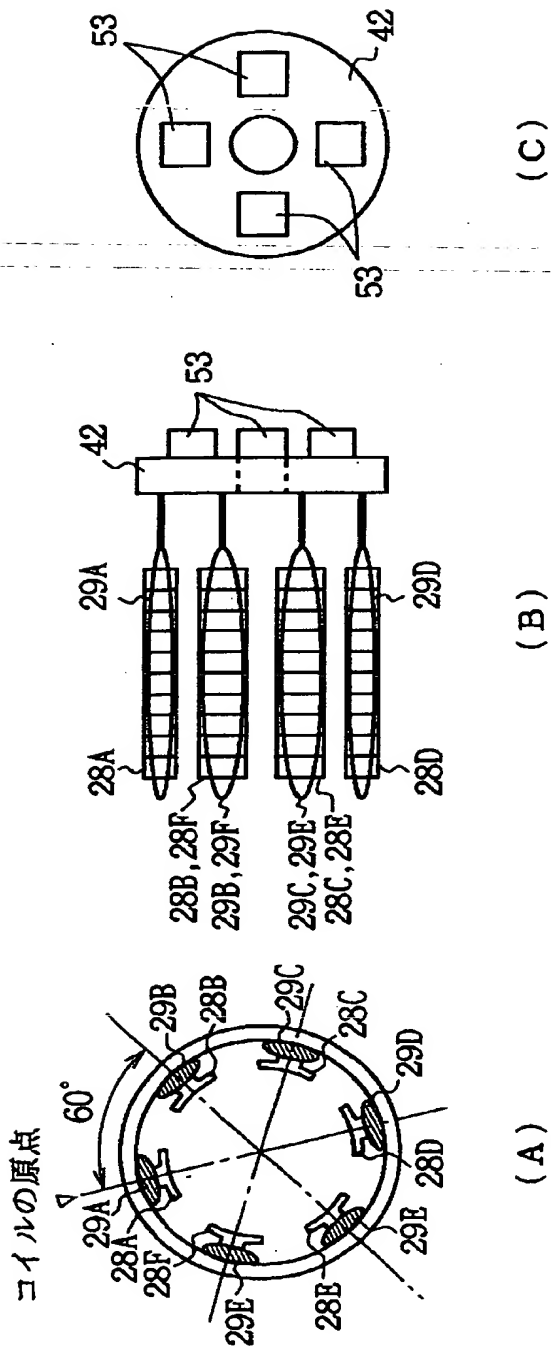


図9 ステータ及びパワー基板の構成

【図 1 0】

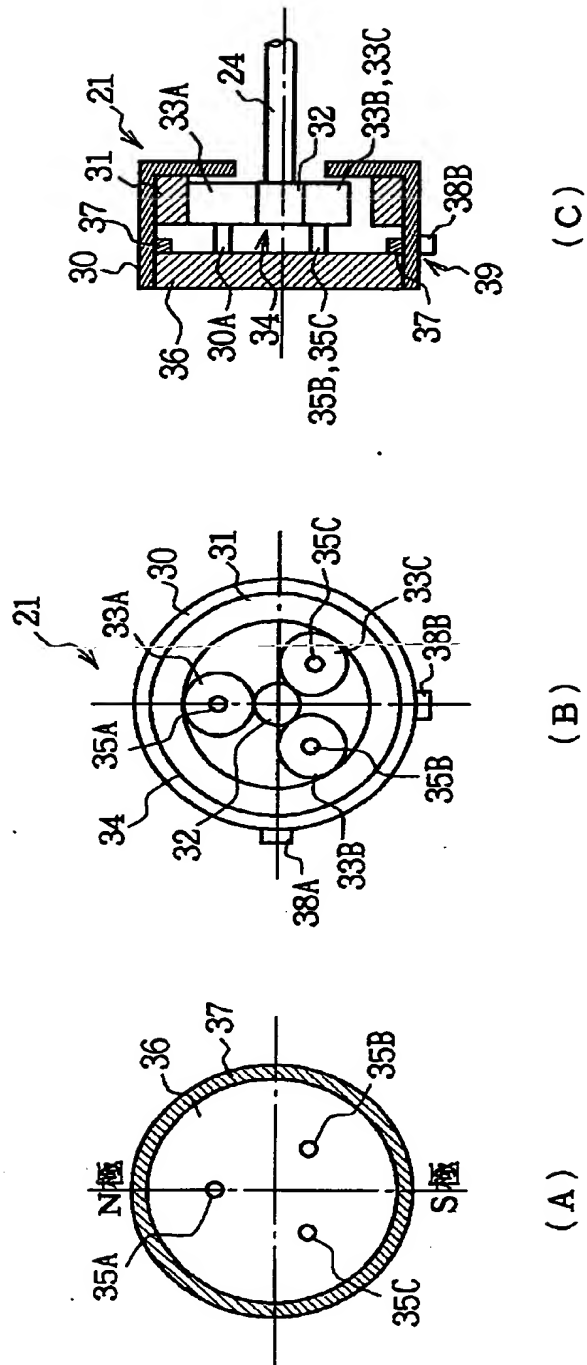


図 1 0 トルク増幅部の構成

【図 11】

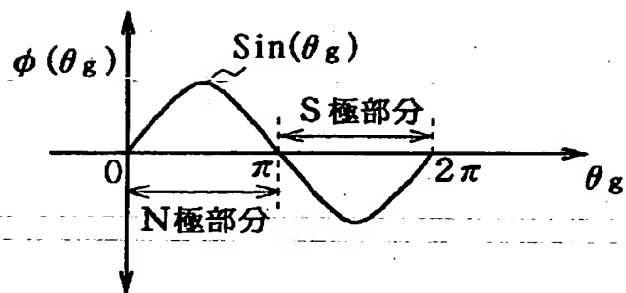


図 11 1 回転絶対角度センサにおける
樹脂マグネットの着磁パターン

【図 12】

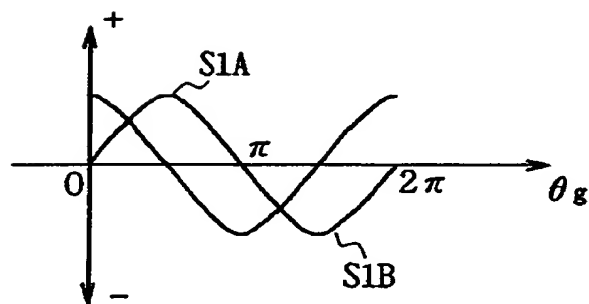


図 12 第 1 及び第 2 の 1 回転絶対角度センサ信号

【図 13】

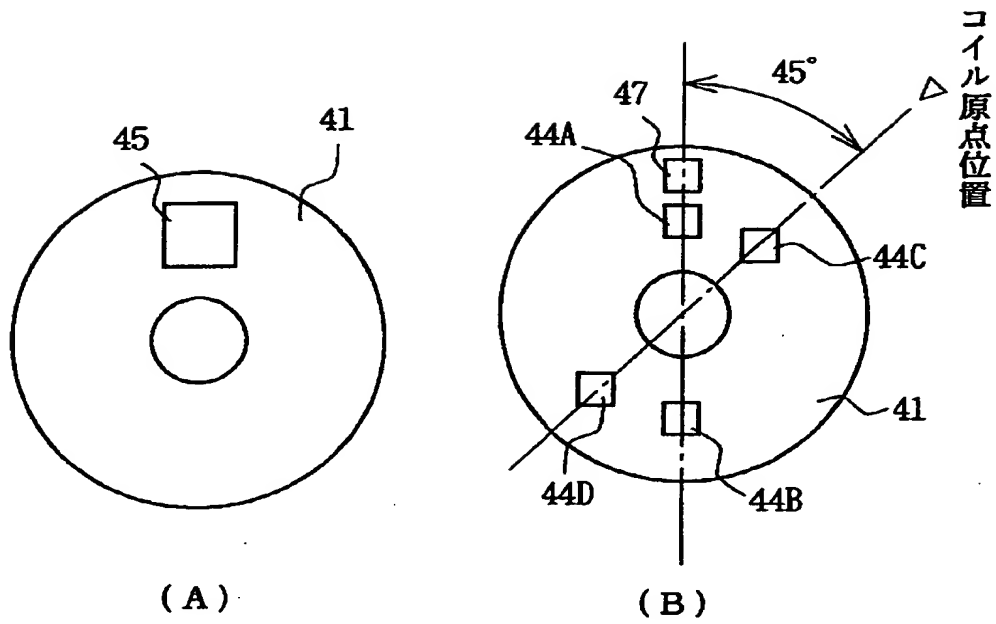


図 13 制御基板の構成 (1)

【図 1 5】

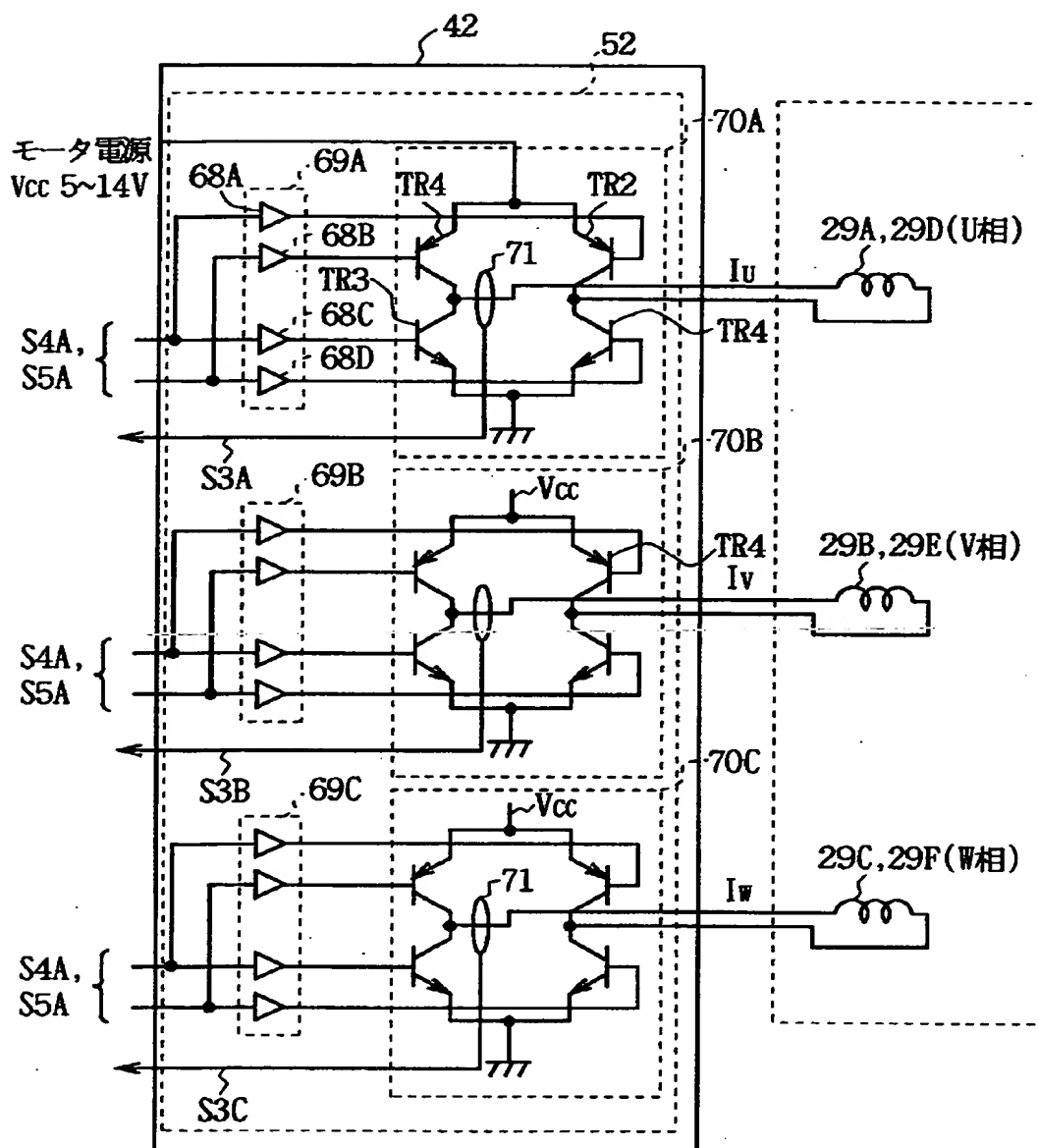


図 1 5 パワー基板の構成

【図 16】

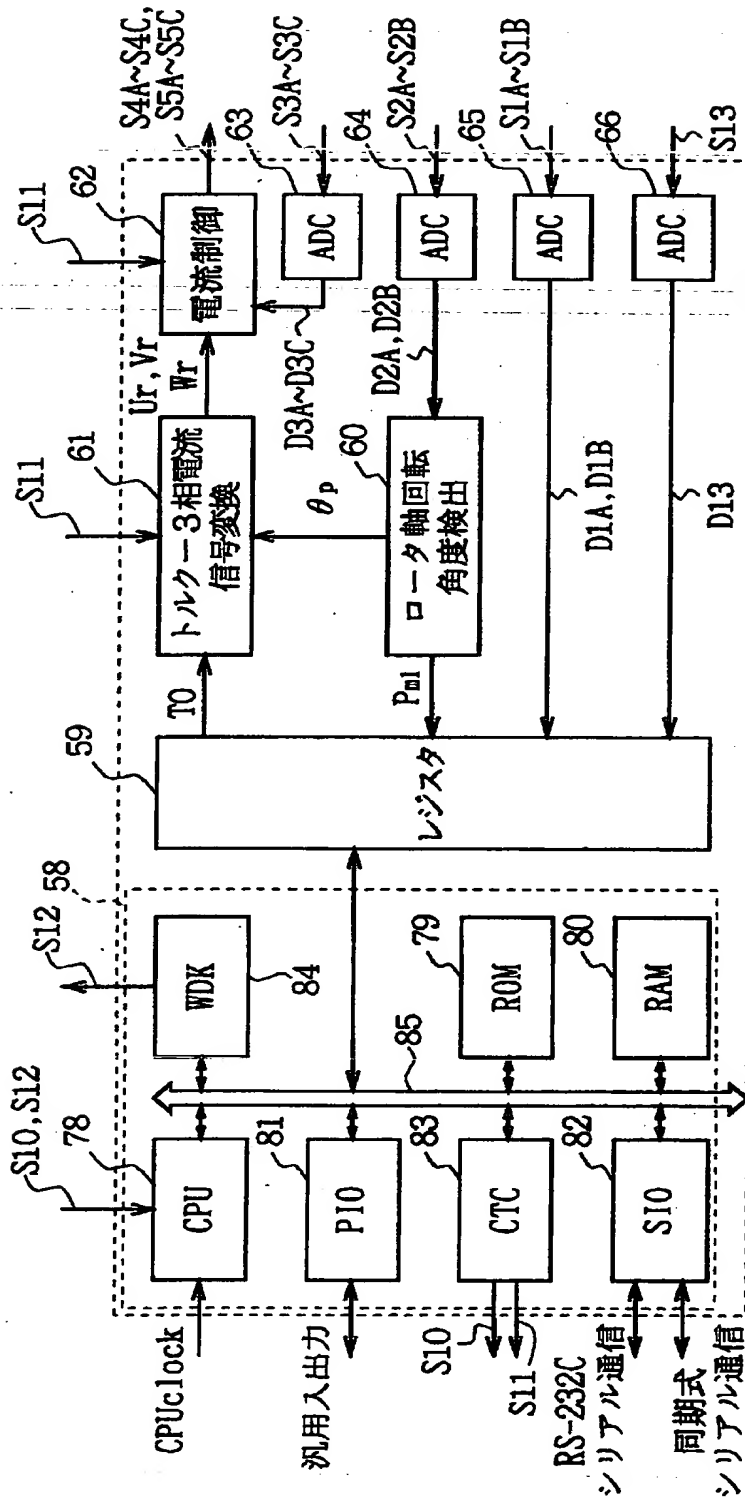


図 16 1チップマイクロコンピュータの構成

【図 17】

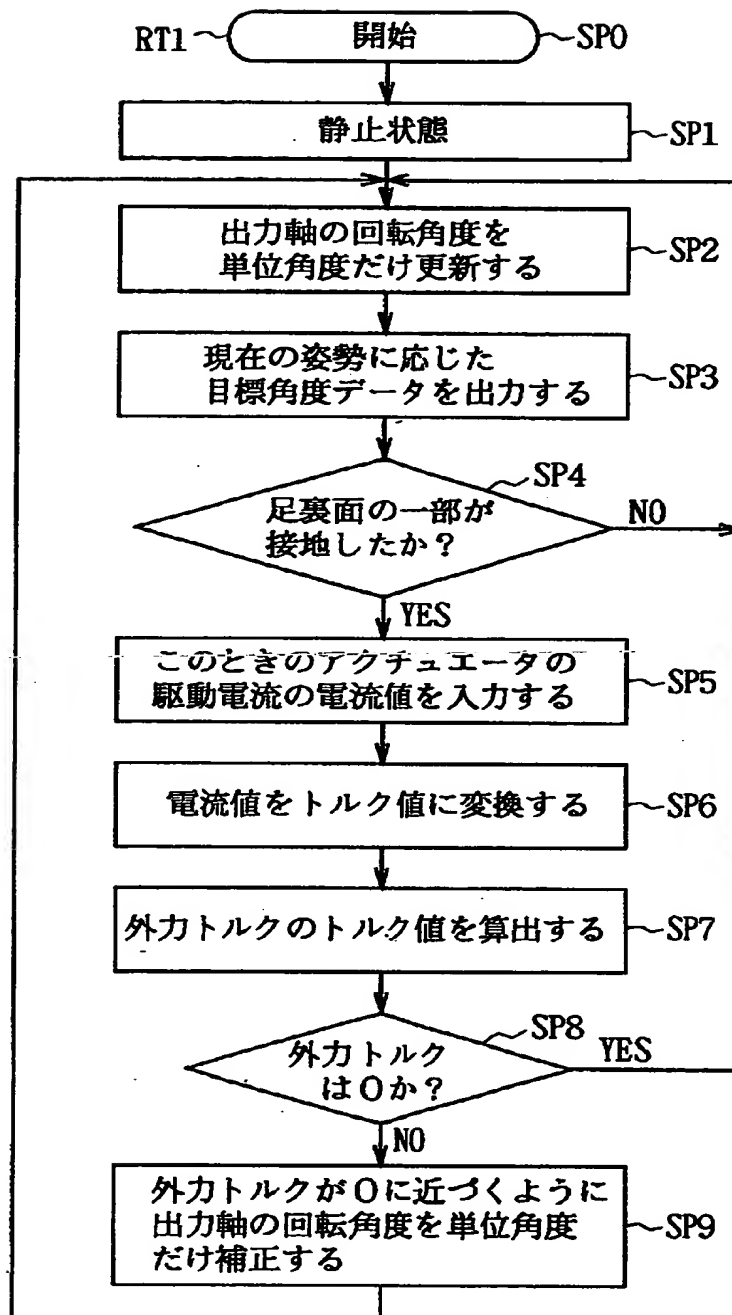


図 17 不整地歩行制御手順

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

本発明は、構成を簡易にし得る関節駆動装置及びこれを利用したロボット装置並びに制御を容易にし得る関節駆動方法を実現しようとするものである。

【解決手段】

供給される駆動電流の電流値を検出する電流値検出手段が内蔵された駆動手段を、第 1 及び第 2 のリンク間を回転自在に連結する関節機構部に取り付け、当該駆動電流の電流値に基づいて得られた駆動手段の出力軸にかかるトルクに応じて、第 1 又は第 2 のリンクに与えられる外力を求めるようにしたことにより、当該外力を直接測定するための機器を新たに設ける必要がなくて済み、その分だけ装置全体の構成を簡易にし得る関節駆動装置及びこれを利用したロボット装置を実現し得ると共に制御を容易にし得る関節駆動方法を実現し得る。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名 ソニー株式会社